Guide

Série 1

À la recherche du problème

Évaluation

Niveaux de bruit

CSST
Commission de la santé et de la sécurité du travail

86-02037/

Guide

Série 1

À la recherche du problème

Évaluation

Niveaux de bruit

Conception: Pierre Stebenne

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

Dépôt légal - 3e trimestre 1985

ISBN 2-550-12187-2

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION		1
1	RÈGLEMENTS SUR LE BRUIT	3
2	CLASSIFICATION DES TYPES DE BRUIT	5
2.1	Bruit continu	5
2.2	Bruit continu contenant une ou plusieurs bandes de fréquence prédominante	5
2.3	Bruit d'impact	5
3	INSTRUMENTATION	7
3.1	Dosimètre	7
3.2	Sonomètres	8
3.3	Précision des instruments	9
3.4	Enregistreurs	9
4	DÉTERMINATION DU NIVEAU DE BRUIT	11
4.1	Stratégie	11
4.2	Utilisation des sonomètres	11
4.3	Utilisation des dosimètres	13
5	PRÉCAUTIONS A PRENDRE LORS DES MESURES	15
5.1	Facteurs environnementaux influençant les résultats des instruments	15
5.1.1	Température	15
5.1.2	Humidité	16
5.1.3	Atmosphère corrosive	16
5.1.4	Vent	17

5.1.5	Pression atmosphérique	17
5.1.6	Champ magnétique	17
5.2	Acoustique de la pièce	17
5.2.1	Champ proche	18
5.2.2	Champ libre	18
5.2.3	Champ réverbérant	18
5.3	Étalonnage des instruments de mesure et genres de microphones	19
5.3.1	Étalonnage	19
5.3.2	Microphones	19
6	DONNÉES A RECUEILLIR LORS DES MESURES POUR LA RÉDACTION DU RAPPORT	21
6.1	Données sur le travailleur	21
6.2	Données sur le procédé ou la source sonore	21
6.3	Données de l'employeur	22
6.4	Données supplémentaires utiles	22
CONCLUSION		23
ANNEXES A)	Facteurs de bissection	25
B)	Addition des niveaux de bruit	26
C)	Méthode de mesure des bandes de fréquence prédominante	34
D)	Calcul du niveau équivalent du règlement	39
E)	Moyens de contrôle du bruit	45

INTRODUCTION

Le but premier du présent document est de fournir aux intéressés tous les outils nécessaires et essentiels à la détermination des niveaux de bruit dans les différents milieux de travail.

Il traite donc de bruits de nature diverse, des instruments disponibles, et il propose une stratégie à suivre pour déterminer les niveaux de bruit. Les autres recommandations du document servent à mieux traiter les données recueillies lors de l'intervention.

Ce guide technique permettra d'effectuer la mesure des niveaux de bruit dans la plupart des cas. Néanmoins, il se peut que certains endroits particuliers nécessitent des études plus poussées.

1 RÈGLEMENTS SUR LE BRUIT

Plusieurs règlements sous la responsabilités de la CSST contiennent des normes relatives aux niveaux de bruit. Le Règlement sur la qualité du milieu de travail (S-2.1, r. 15) est cependant le plus complet à cet égard. Il prévoit

- des normes relatives au bruit continu, aux bandes de fréquence prédominante et au bruit d'impact (a.45, 46, 47, 48, 49);
- les priorités à respecter pour appliquer les mesures correctives (a.50);
- la fréquence des mesures du bruit par les exploitants de tout établissement (a.53);
- l'affichage aux endroits où les normes ne sont pas respectées (a.52);
- une référence à des méthodes de mesure des niveaux de bruit, la norme ACNOR Z.107.2-1973 (a.55);
- la précision exigée des instruments de mesure (a.54);
- la protection personnelle nécessaire, parallèlement à un programme de surveillance audiométrique lorsque les mesures correctives n'ont pas réussi à ramener l'exposition dans les limites permises (a.50, 51).

Pour ces raisons, ce règlement sert de référence au présent document.

2 CLASSIFICATION DES TYPES DE BRUIT

Le règlement relatif à la qualité du milieu de travail définit trois sortes de bruit : le bruit continu, le bruit continu contenant une ou plusieurs bandes de fréquence prédominante et le bruit d'impact.

Voici une description de chacun de ces bruits.

2.1 Bruit continu

Bruit qui se prolonge dans le temps, y compris un bruit formé par les chocs mécaniques de corps solides ou par des impulsions répétées à une fréquence supérieure à une à la seconde. Un bruit continu n'est pas nécessairement un bruit de niveau stable.

2.2 Bruit continu contenant une ou plusieurs bandes de fréquence prédominante

Bruit qui se caractérise par une ou plusieurs bandes de fréquence, dont le niveau passe par un maximum qui excède de 4 dB ou plus la moyenne arithmétique des niveaux de l'octave inférieur et de l'octave supérieur et, pour les bandes extrêmes du spectre sonore, dont le niveau dépasse de 5 dB celui de l'octave contigu.

2.3 Bruit d'impact

Bruit formé par des chocs mécaniques de corps solides ou par des impulsions répétées ou non à une fréquence inférieure ou égale à une à la seconde.

3 INSTRUMENTATION

Cette section traite des instruments le plus fréquemment utilisés et de la précision qu'en exigent les règlements.

Instruments

Les instruments utilisés pour mesurer les niveaux de bruit sont les dosimètres et les sonomètres.

Voici une description de chacun.

3.1 Dosimètre

Le dosimètre se compose d'un microphone, d'un amplificateur et d'une unité de traitement électronique. Appareil portatif, le dosimètre peut être fixé sur le travailleur exposé à des niveaux de bruit variables durant son quart de travail.

L'instrument intègre les différents niveaux de bruit auxquels le travailleur est soumis et calcule le niveau sonore équivalent en dBA pendant la durée des observations.

Le dosimètre indique également le niveau maximal de bruit enregistré pendant la durée des observations. Ce niveau maximal ne doit jamais dépasser 115 dBA.

Certains dosimètres indiquent également la durée de l'échantillonnage.

3.2 Sonomètres

Les sonomètres sont aussi constitués d'un microphone, d'un amplificateur et d'une unité de traitement électronique. Certains possèdent également des filtres de bandes d'octaves.

Ces instruments servent à vérifier le respect des normes de bruit dans les cas suivants :

3.2.1 Pour mesurer le bruit continu selon les différentes échelles de pondération

On utilise les instruments en mode "lent" sur l'échelle pondération "A".

3.2.2 La mesure du bruit continu comportant une ou plusieurs bandes de fréquence prédominante

Lorsque la variation des niveaux de bruit reste à l'intérieur d'une plage de $\pm$ 3 dBA, il y a possibilité qu'un bruit continu comporte une ou plusieurs bandes de fréquence prédominante; on se sert d'un sonomètre avec filtre.

Les lectures obtenues en dB linéaire sont corrigées conformément à l'annexe "C" du présent document, s'il y a présence d'une ou de plusieurs bandes de fréquence prédominante.

3.2.3 La mesure des bruits d'impact

Lorsqu'un bruit correspond à la description de bruit d'impact, on doit utiliser un sonomètre avec fonction crête. Cette fonction consiste à retenir la plus haute pression sonore pendant un temps très court.

Le niveau des bruits d'impact se mesure en dB linéaire valeur crête.

3.3 Précision des instruments

Le règlement relatif à la qualité du milieu de travail, article 54, exige que les niveaux de bruit soient mesurés à l'aide d'appareils de type 1 ou 2.

De ce qui précède, on conclut que les sonomètres de type 3 qu'on trouve sur le marché ne doivent être utilisés que pour donner un aperçu des niveaux de bruit.

3.4 Enregistreurs

Le but de l'enregistrement est de mettre en mémoire (sur papier ou sur bobine), l'ambiance sonore d'un milieu de travail. Dans certains cas, les enregistreurs s'avéreront un atout indispensable. En effet, ils permettront dans un premier temps l'enregistrement des bruits et dans un deuxième temps l'étude approfondie et précise d'une situation donnée.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur le sujet des enregistreurs. Retenons seulement qu'ils peuvent être d'une grande utilité dans l'évaluation de certains milieux sonores.

4 DÉTERMINATION DU NIVEAU DE BRUIT

4.1 Stratégie

L'exercice a pour but de déterminer si les niveaux de bruit auxquels les travailleurs sont exposés excèdent les normes de la réglementation.

Pour parvenir à une évaluation représentative, on doit

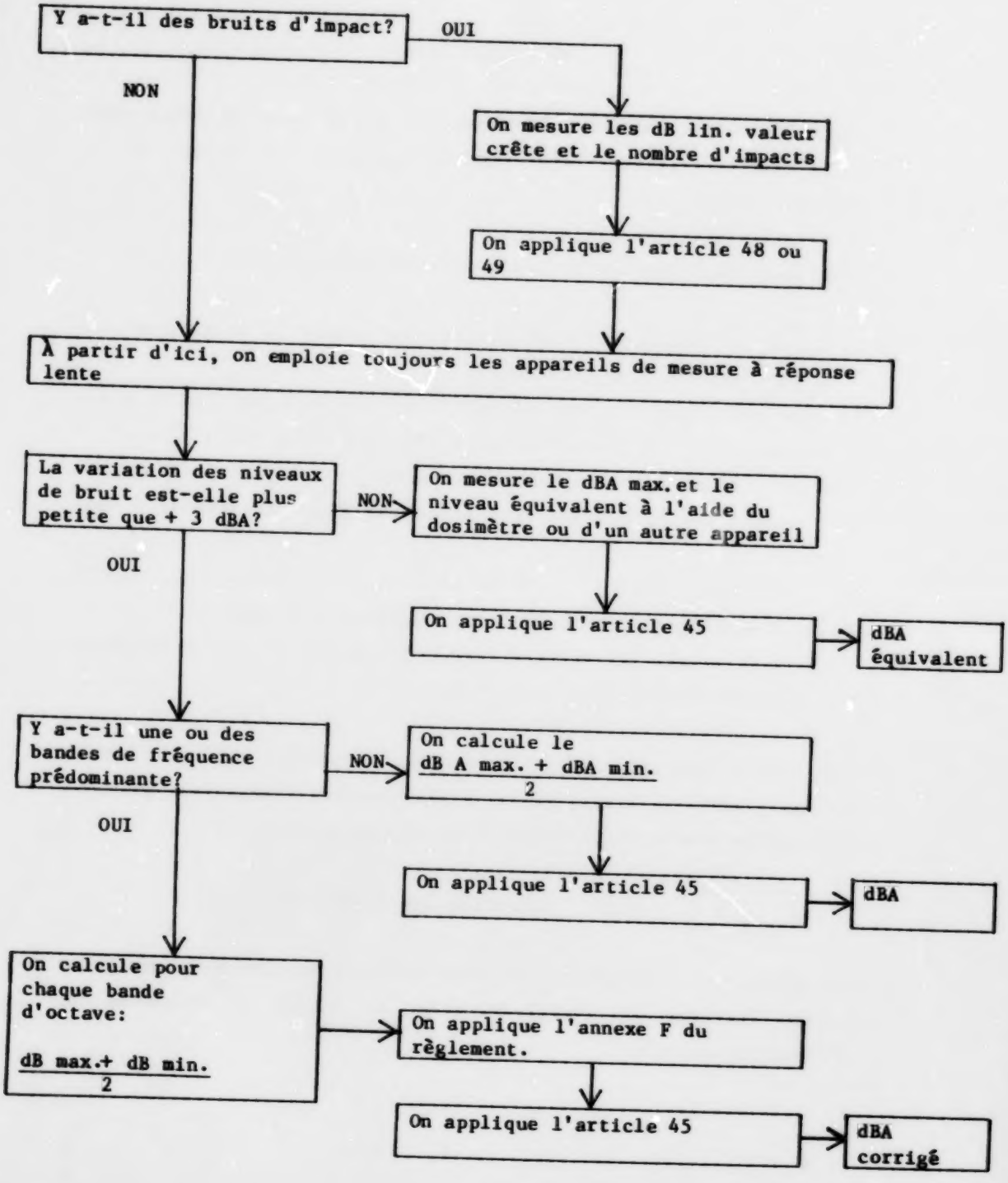
1) inspecter les lieux pour déceler les postes de travail où les normes peuvent être dépassées;
2) dans ces zones, il faut sélectionner les employés soumis à des niveaux de bruit susceptibles de dépasser les normes;
3) à partir de là, les mesures sont prises en suivant le diagramme suivant (p. 12), qui illustre étape par étape la méthode à suivre;
4) le règlement permet
   a) tout niveau de bruit continu inférieur à 85 dBA;
   b) tout niveau de bruit d'impact inférieur à 120 dB linéaire valeur crête.

Donc dans l'analyse d'un milieu sonore, on ne doit pas tenir compte de ces niveaux de bruit, sinon on pénaliserait l'employeur pour des niveaux de bruits permis d'après la réglementation.

4.2 Utilisation des sonomètres

En utilisant un sonomètre, l'opérateur doit veiller à ne pas constituer lui-même une source d'erreur, en raison du phénomène des réflexions sonores.

MÉTHODE À SUIVRE POUR L'APPLICATION DES NORMES DE BRUIT CONTENUES DANS LE RÈGLEMENT SUR LA QUALITÉ DU MILIEU DE TRAVAIL



C'est pourquoi il faut que

1) l'opérateur soit face à la source sonore;
2) le microphone soit situé dans la zone d'audition du travailleur;
3) l'instrument soit tenu à bout de bras ou monté sur un trépied. L'opérateur peut vérifier son influence en se déplaçant, tout en gardant l'instrument en station fixe. Si la lecture reste stable, l'influence de l'opérateur est négligeable;
4) lorsqu'on utilise un sonomètre, on doit prendre des lectures correspondant aux variations qui surviennent au cours des différentes phases du travail.

4.3 Utilisation des dosimètres

Lorsqu'on utilise des dosimètres, il faut

1) informer les travailleurs sélectionnés que les dosimètres n'enregistrent aucune conversation; ils ne captent que les niveaux de bruit;
2) les informer que le microphone du dosimètre ne doit jamais être couvert; attention aux vêtements;
3) leur dire combien de temps ils devront porter le dosimètre;
4) fixer le dosimètre, habituellement dans la poche de poitrine ou à la ceinture, et attacher le microphone au col de la chemise, sur l'épaule;
5) s'assurer que le câble du microphone est bien fixé et qu'il n'incommode pas le porteur,
6) leur demander leur autorisation et leur signature.

5 PRÉCAUTIONS A PRENDRE LORS DES MESURES

La mesure des niveaux de bruit peut être influencée par les facteurs signalés au tableau ci-dessous. Il est important d'en avoir conscience. De plus, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour les éliminer, ou à défaut, en limiter les effets.

TABLEAU

FACTEUR POUVANT INFLUENCER LES MESURES

- Facteurs environnementaux :
  - température
  - humidité
  - atmosphère corrosive
  - vent
  - pression atmosphérique
  - champs magnétiques
- Acoustique de la pièce
- Étalonnage des instruments
- Microphones

Voici donc une brève description de ces facteurs.

5.1 Facteurs environnementaux influençant les résultats des instruments

5.1.1 Température

Les instruments de mesure peuvent être utilisés de façon précise dans des températures variant entre -10° et 50°C. Si la mesure

doit être prise en dehors de cette gamme, on devra se référer à la notice technique du fabricant. Il existe des microphones spéciaux pouvant fonctionner par températures extrêmes.

Il est important de noter que les instruments de mesure ne doivent pas séjourner dans les automobiles sous des températures très chaudes ou très froides. Cela peut compromettre l'efficacité de l'instrument lors du refroidissement ou du réchauffement.

Il faut se souvenir que les variations soudaines de température peuvent produire de la condensation sur le microphone.

5.1.2 Humidité

Les instruments de mesure fonctionnent efficacement tant qu'il n'y a pas de condensation sur le diaphragme du microphone. On peut donc mesurer dans des atmosphères affichant des niveaux d'humidité relative allant jusqu'à 90 %. On doit cependant veiller à protéger le microphone contre la neige ou la pluie, ou contre tout liquide.

Dans tout endroit où il y a danger qu'un liquide se dépose sur le microphone, on doit utiliser l'écran anti-vent. Cet écran peut devenir très humide, mais les mesures restent fidèles.

Si l'instrument est utilisé en milieu très humide, on recommande de placer le microphone au dessiccateur après usage.

5.1.3 Atmosphère corrosive

Si des mesures doivent être prises pendant plusieurs heures dans une atmosphère corrosive, on doit utiliser un écran anté-vent.

5.1.4 Vent

Le vent soufflant dans un microphone produit un bruit de turbulence qui peut créer une erreur positive à la lecture du niveau de bruit. Aussi doit-on utiliser l'écran anti-vent dans toute mesure prise à l'extérieur, ainsi que partout où l'on décèle un courant d'air appréciable à l'intérieur d'un bâtiment. A remarquer que l'écran anti-vent protège en même temps de la poussière et des éclaboussures.

5.1.5 Pression atmosphérique

La pression atmosphérique peut affecter la mesure de l'instrument. En général, la correction est négligeable, si l'on se trouve à une altitude inférieure à 3 050 mètres (10 000 pieds) au-dessus du niveau de la mer.

5.1.6 Champ magnétique

L'influence des champs magnétiques sur les instruments est généralement négligeable. Cependant, certaines activités industrielles produisant des champs électromagnétiques peuvent induire des courants dans le circuit électronique des dosimètres ou des sonomètres et causer ainsi de hautes lectures.

5.2 Acoustique de la pièce

Lorsqu'on utilise un microphone à champ diffus, l'acoustique de la pièce n'influence pas les mesures, si notre but est de connaître le niveau de bruit auquel le travailleur est exposé.

Cependant, si l'on veut mesurer le bruit provenant d'une source sonore, il faut savoir que le champ sonore autour de la source peut être divisé de la façon suivante :

5.2.1 Champ proche

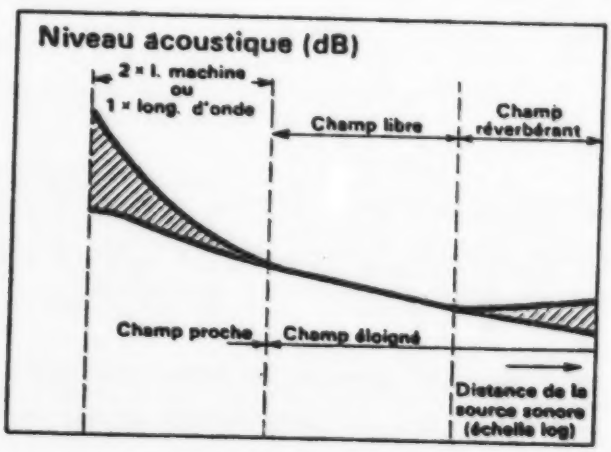
Si l'on mesure le bruit très près de la machine, on s'aperçoit que le niveau acoustique varie de façon significative autour de la source sur une même distance. Ceci apparaît lorsque la distance du point de mesure est inférieure à la longueur d'onde de la fréquence la plus basse émise par la source, ou inférieure à deux fois la plus grande dimension de la machine. On doit éviter de prendre des mesures dans cette zone.

5.2.2 Champ libre

C'est la zone idéale pour mesurer le niveau constant du bruit d'une machine. Dans le champ libre, la pression sonore diminue de 6 dB à chaque doublement de la distance depuis la source.

5.2.3 Champ réverbérant

C'est la zone la plus éloignée de la source sonore. Sur une même distance de la source, on s'aperçoit que le niveau sonore varie sensiblement. Ce phénomène est dû aux réflexions des ondes sonores sur les murs, les parois ou autres obstacles.



5.3 Étalonnage des instruments de mesure et genres de microphones

5.3.1 Étalonnage

Un étalonnage des instruments de mesure doit être fait avant et après usage. Les méthodes d'étalonnage sont détaillées dans les guides techniques de chacun des instruments.

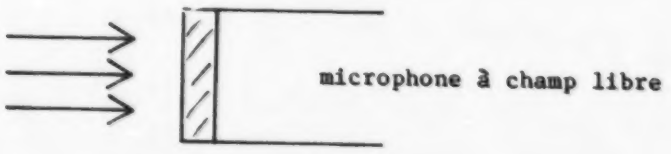
5.3.2 Microphones

On peut classer les microphones selon leur principe de fonctionnement et selon leur réponse dans les champs acoustiques. Nous allons nous attarder sur le dernier point.

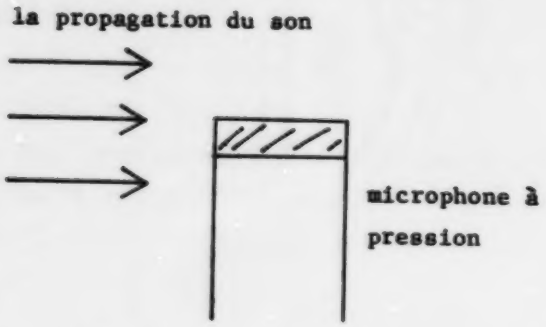
Il existe trois genres de microphones : à champ libre, à pression et à champ diffus (aléatoire).

Microphone à champ libre Microphone directionnel. L'orientation en est alors très importante.

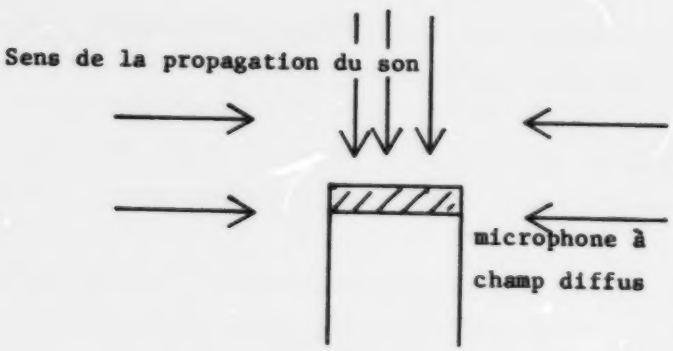
Sens de la propagation du son



Microphone à pression Également un microphone directionnel.



Microphone à champ diffus Microphone omni-directionnel.



Sur certain type d'appareil on peut convertir un microphone à champ libre en microphone à champ diffus, en remplaçant la grille de protection normale par un accessoire spécial nommé correcteur d'incidence aléatoire.

6 DONNÉES A RECUEILLIR LORS DES MESURES POUR LA RÉDACTION DU RAPPORT

En plus de l'information habituelle à recueillir, on fera bien lors de l'étude d'obtenir des renseignements supplémentaires, afin de pouvoir se faire une idée globale de la situation.

Voici la liste des renseignements qui, en tout ou en partie, peut aider le personnel de l'Inspection.

6.1 Données sur le travailleur

1) Distance entre le travailleur et la (les) source(s) sonore(s)
2) La présence du travailleur à cet endroit est-elle essentielle?
3) La classification du bruit étudié
4) La répartition des niveaux sonores pendant le quart de travail du travailleur ainsi que le niveau de bruit équivalent
5) L'avis du travailleur sur les contrôles éventuels
6) Vérifier si le travailleur a des problèmes auditifs
7) La date de son dernier examen de l'ouïe
8) Vérifier s'il porte le protecteur auditif et comment il en use.

6.2 Données sur le procédé ou la source sonore

1) Brève description du procédé ou de la source sonore
2) État de l'équipement : âge, entretien, présence ou non de silencieux
3) Conditions d'opération : vitesse du convoyeur, durée d'un cycle, matériel utilisé, etc.
4) Identifier les moyens de contrôle du niveau sonore ou de la vibration sur la source sonore (voir annexe E)
5) Sources et caractéristiques du niveau de bruit : bruit

d'impact, bande fréquence prédominante

6) Déterminer les moyens de contrôle possibles.

6.3 Données de l'employeur

1) Vérifier ce qui a déjà été fait pour contrôler le bruit à l'endroit étudié
2) Identifier ce qui est planifié pour améliorer le niveau du bruit à l'endroit étudié
3) Existe-t-il un programme de protection de l'ouïe?
4) L'employeur de 50 travailleurs ou plus doit maintenir un registre des mesures des niveaux de bruit (qu'il doit prendre au moins une fois l'an (article 53).

6.4 Données supplémentaires utiles

1) Dimensions et aménagement de la pièce
2) Un schéma indiquant la position de l'équipement, des postes de travail et des aires de repos
3) Les matériaux entrant dans la construction de la pièce : plafond/acier, murs/panneaux de gypse, sol/béton)
4) Les moyens de contrôle acoustique existant dans la pièce (voir annexe E)
5) Identification du bruit provenant des pièces voisines
6) Constater la présence de cloisons, de barrières acoustiques, etc.

CONCLUSION

Les problèmes de bruits, bien que souvent complexes, ne sont pas insurmontables. Ce sont des mesures de niveaux de pression sonore en décibels (A), effectuées au niveau de l'oreille des opérateurs qui permettront, par comparaison avec les limites admissibles, de mettre en évidence et d'évaluer le risque de surdité dans les ateliers. A partir des résultats, dans les cas relativement simples, le responsable recherchera des mesures de prévention à appliquer rapidement. La protection individuelle sera presque toujours la solution la plus expéditive, mais il faudra se rappeler qu'elle ne doit constituer qu'un palliatif.

Dans les cas plus complexes, il faudra faire appel à des spécialistes du bruit pour étudier le problème. L'étude aboutira le plus souvent à un compte rendu de mesures et d'analyses du bruit, débouchant sur un certain nombre de solutions pouvant éventuellement être mises en oeuvre.

ANNEXE A

FACTEURS DE BISSECTION

On définit le facteur de bissection comme le facteur en dB par lequel une norme est abaissée de moitié.

A- FACTEUR DE BISSECTION DE 5 POUR BRUIT CONTINU

Au Québec et presque partout en Amérique du Nord, le facteur de bissection courant est de 5 dB. Ceci signifie que chaque fois que le niveau sonore augmente de 5 dB, la durée d'exposition, huit heures pour un niveau sonore de 90 dB, est abaissée de moitié.

Exemples:

	Niveau de bruit	Durée d'exposition permise
	90 dBA	8 heures
différence de 5 dB		
	95 dBA	4 heures
différence de 5 dB		
	100 dBA	2 heures

et ainsi de suite pour les autres niveaux sonores.

Plusieurs pays d'Europe ont recours à un facteur de bissection égal à 3 dB. Cela signifie que chaque fois que le niveau sonore augmente de 3 dB, la durée d'exposition, huit heures pour un niveau sonore de 90 dB, est abaissée de moitié.

ANNEXE B

ADDITION DES NIVEAUX DE BRUIT

A- ADDITION DE DEUX SOURCES SONORES

Lorsqu'on connaît les niveaux de bruit de deux sources sonores et qu'on veut en connaître le niveau de bruit total, on ne peut pas simplement additionner directement les dB obtenus. C'est donc dire qu'il faut suivre une méthode bien précise pour additionner les niveaux de bruit.

Méthode à suivre

1- Mesurer les niveaux sonores des deux sources :

Source 1 : dB_1

Source 2 : dB_2

2- Calculer la différence (en valeur absolue) des niveaux sonores entre les deux sources :

$dB_1 - dB_2 = \Delta$ dB

3- Trouver la correction à apporter en utilisant soit le graphique n° 1, soit le tableau n° 1.

4- Additionner la correction à apporter à la source la plus bruyante.

Exemple 1 :

1- Source 1 : 85 dB
Source 2 : 90 dB

2- La différence en valeur absolue est de
Δ dB = 90 - 85 = 5

3- Le graphique ou le tableau indique que pour un Δ dB = 5, une correction de 1,2 dB est nécessaire.

4- La source sonore n° 2 est la plus bruyante. Le bruit total est donc de
90 dB + 1,2 dB = 91,2 dB

Exemple 2 :

1- Source 1 : 109 dB
Source 2 : 89 dB

2- La différence en valeur absolue est de
Δ dB = 109 - 89 = 20

3- Le graphique ou le tableau indique que pour un Δ dB de 20, la correction à apporter est de 0.

4- La source sonore n° 1 est la plus bruyante. Le bruit total est donc de
109 + 0 = 109.

Voici deux choses à retenir pour effectuer les calculs plus rapidement.

(1) Si les deux sources ont le même niveau sonore, ajouter 3 dB.

Exemple 1 :

Source 1 : 100 dB
Source 2 : 100 dB

Le niveau sonore est de
100 dB + 3 dB = 103 dB

(2) Si la différence entre les deux sources est supérieure à 14 dB, alors on peut négliger la source la plus faible.

Exemple :

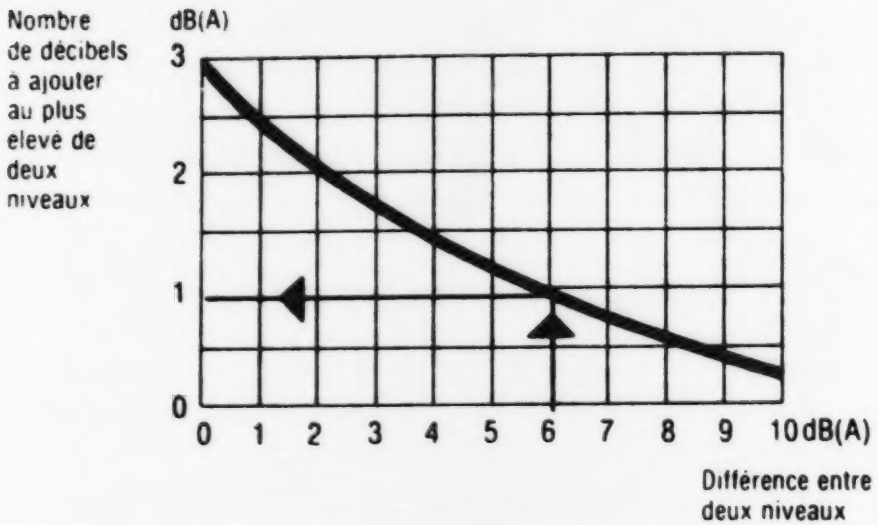
Source 1 : 80 dB
Source 2 : 100 dB

Alors le niveau sonore global est de 100 dB.

TABLE D'ADDITION DES NIVEAUX DE BRUIT

DIFFÉRENCE ENTRE LES DEUX SOURCES SONORES EN DÉCIBEL	DÉCIBELS À AJOUTER À LA SOURCE LA PLUS BRUYANTE
0,0 à 0,1	3,0
0,2 à 0,3	2,9
0,4 à 0,5	2,8
0,6 à 0,7	2,7
0,8 à 0,9	2,6
1,0 à 1,2	2,5
1,3 à 1,4	2,4
1,5 à 1,6	2,3
1,7 à 1,9	2,2
2,0 à 2,1	2,1
2,2 à 2,4	2,0
2,5 à 2,7	1,9
2,8 à 3,0	1,8
3,1 à 3,3	1,7
3,4 à 3,6	1,6
3,7 à 4,0	1,5
4,1 à 4,3	1,4
4,4 à 4,7	1,3
4,8 à 5,1	1,2
5,2 à 5,6	1,1
5,7 à 6,1	1,0
6,2 à 6,6	0,9
6,7 à 7,2	0,8
7,3 à 7,9	0,7
8,0 à 8,6	0,6
8,7 à 9,6	0,5
9,7 à 10,7	0,4
10,8 à 12,2	0,3
12,3 à 14,0	0,2
14,0 à ...	0,0

GRAPHIQUE D'ADDITION DES NIVEAUX SONORES



B- ADDITION DES NIVEAUX DE BRUIT LORSQU'IL Y A PLUS DE DEUX SOURCES

Lorsqu'on veut connaître le niveau global produit par plusieurs sources sonores (plus de 2), il faut tout simplement additionner les sources sonores 2 par 2.

Exemple 1 :

1- Source 1 : 85 dB
Source 2 : 90 dB
Source 3 : 95 dB

2- Dans l'exemple 1 de la section précédente, l'addition des sources 1 et 2 donnait 91,2 dB.

Il suffit alors d'additionner

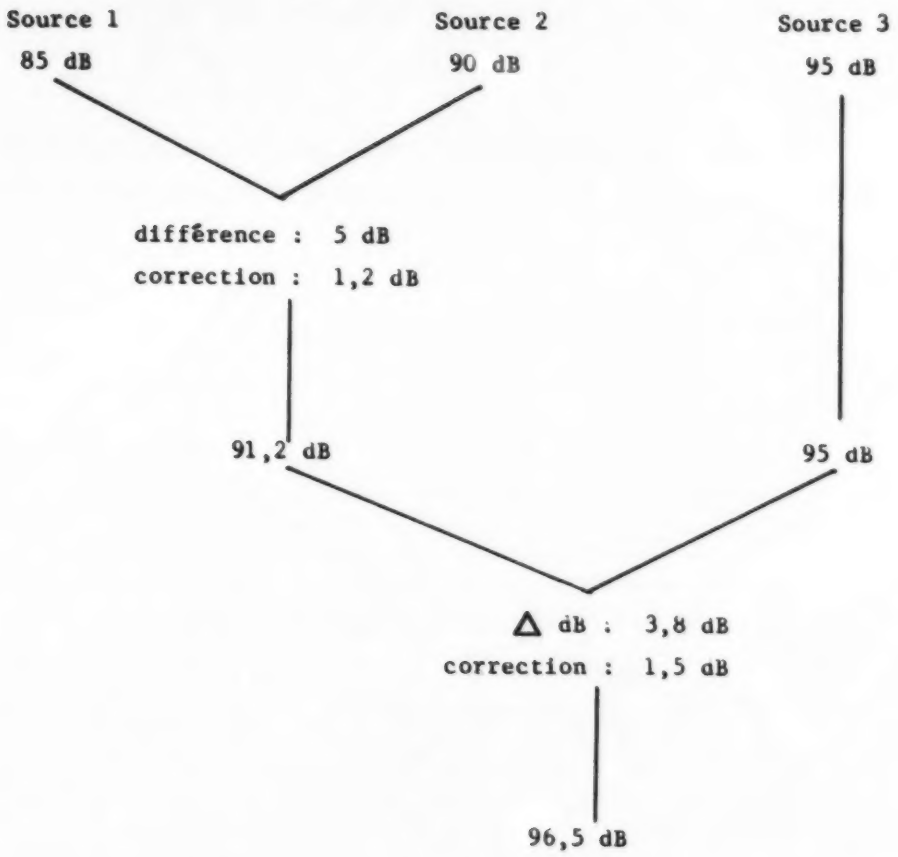
Source 1 - 2 : 91,2 dB
Source 3 : 95 dB

3- La différence en valeur absolue est de
95 - 91,2 = 3,8 dB

4- Le graphique indique pour une différence de 3,8 une correction de 1,5 dB.

5- La source 3 est la plus bruyante. Le bruit total est de
95 dB + 1,5 dB = 96,5 dB

Ce même exemple peut être représenté de la manière suivante :



Précision relative à l'addition des niveaux sonores

Comme règle générale, on arrondit au décibel supérieur lorsqu'on a une valeur de .5 dB ou plus et au décibel inférieur lorsqu'on a une valeur inférieur à .5 dB. Mentionnons qu'on arrondit seulement lorsque tous les calculs sont terminés (si l'on a plus de deux sources à additionner).

Exemples :

60,6 dB on arrondit à 61 dB
60,5 dB on arrondit à 61 dB
60,4 dB on arrondit à 60 dB
60,2 dB on arrondit à 60 dB

ANNEXE C

MÉTHODE DE MESURE DES BANDES DE FRÉQUENCE PRÉDOMINANTE

Voici la méthode à suivre pour calculer le niveau du bruit en dBA corrigé lorsque le bruit contient une ou des bandes de fréquence prédominante.

Rappelons que l'oreille normale d'une jeune personne capte les bruits dont la fréquence se situe entre 20 Hz et 20 000 Hz. Ce spectre sonore est divisé en bande de fréquence aussi appelé bande d'octave. Les fréquences situées au centre de ces octaves sont

31,5 Hz, 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 et 16 000 Hz

Chaque bande d'octave couvre les fréquences qui se situent autour de la fréquence centrale.

Exemple : la bande d'octave de 1 000 Hz couvre les fréquences situées entre 710 Hz et 1 420 Hz.

Par définition, on sait que la bande de fréquence prédominante possède un niveau qui passe par un maximum excédant de 4 dB ou plus la moyenne arithmétique des niveaux de l'octave inférieure et de l'octave supérieure et qui, dans les bandes extrêmes du spectre sonore, dépasse de 5 dB celui de l'octave contiguë.

Étant donné qu'un bruit ayant une ou des bandes de fréquence prédominante est plus fatiguant pour l'oreille qu'un bruit réparti uniformément sur le spectre sonore, il convient d'en corriger la lecture. On obtient alors des niveaux de bruit en dBA corrigé.

La façon de procéder pour obtenir cette valeur est la suivante :

(1) Utiliser un sonomètre avec filtre d'octave

(2) Mettre l'instrument en position lente

(3) Relever dans chaque bande d'octave (de 31,5 à 16 000 Hz), les niveaux minimal et maximal en décibel linéaire

(4) Calculer la valeur moyenne attribuée à chaque octave :

$$\text{dB moyen} = \frac{\text{dB minimal} + \text{dB maximal}}{2}$$

(5) A partir des valeurs attribuées à chaque octave, déterminer si l'une des bandes correspond à la notion de bande de fréquence prédominante

(6) Ajouter 5 dB au niveau mesuré de chaque bande correspondant à la notion de bande de fréquence prédominante

(7) Modifier comme suit le spectre sonore qui en résulte

- au niveau de 31,5 Hz, retrancher 39,4 dB
- au niveau de 63 Hz, retrancher 26,2 dB
- au niveau de 125 Hz, retrancher 16,1 dB
- au niveau de 250 Hz, retrancher 8,6 dB
- au niveau de 500 Hz, retrancher 3,2 dB
- au niveau de 1 000 Hz, ne rien modifier
- au niveau de 2 000 Hz, additionner 1,2 dB
- au niveau de 4 000 Hz, additionner 1,0 dB
- au niveau de 8 000 Hz, retrancher 1,1 dB
- au niveau de 16 000 Hz, retrancher 6,6 dB

(8) Additionner ensuite les niveaux de chaque octave du spectre ainsi modifié, en suivant la méthode d'addition des décibels

(9) Le résultat ainsi obtenu est exprimé en dBA corrigé.

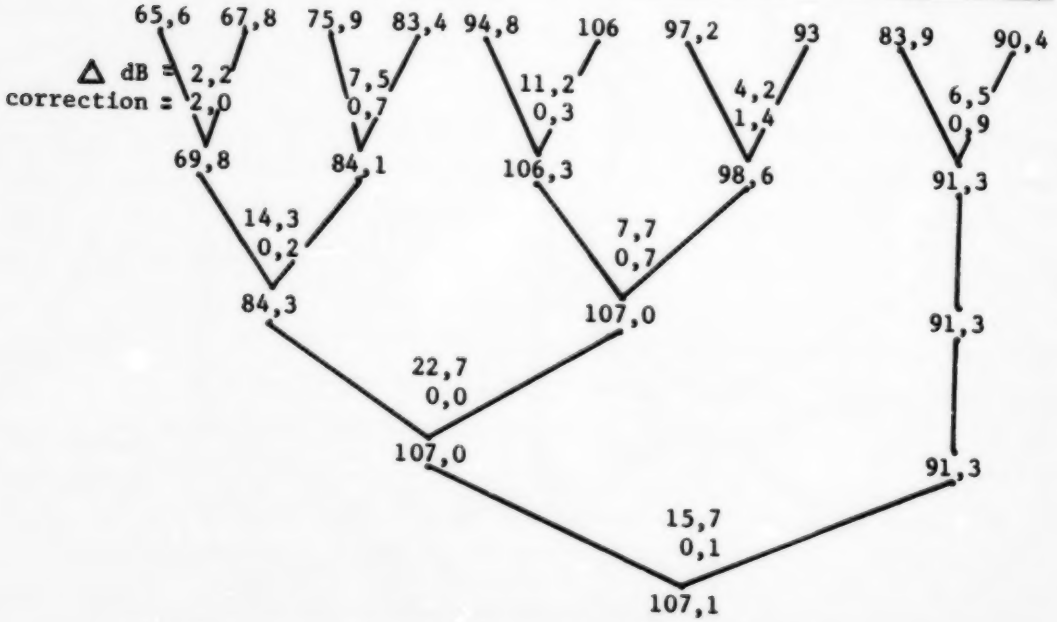
BANDE DE FRÉQUENCE PRÉDOMINANTE

Exemple 1 : exemple théorique; (on rencontre rarement un bruit de trois bandes de fréquence prédominante)

ANALYSE PAR BANDE D'OCTAVE

(en dB linéaire)

HZ 31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	HZ 16 000
100	94	92	92	98	101	96	92	85	92
+ 5					+ 5				+ 5
105	94	92	92	98	106	96	92	85	97
-39,4	-26,2	-61,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1	-1,1	-6,6
65,6	67,8	75,9	83,4	94,8	106	97,2	93	83,9	90,4



Le niveau sonore est donc de 107,1 dBA corrigé.

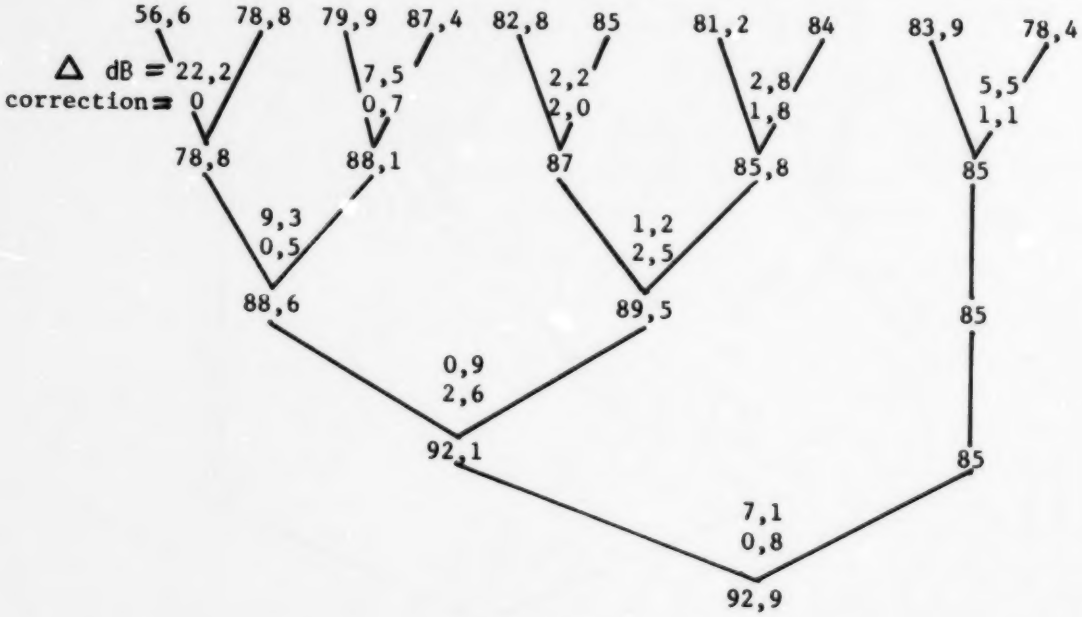
BANDE DE FRÉQUENCE PRÉDOMINANTE

Exemple 2 : Compresseur à air

ANALYSE PAR BANDE D'OCTAVE

(en dB linéaire)

HZ 31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	HZ 16 000
96	105	96	96	86	85	80	83	85	85
	+ 5								
96	105	96	96	86	85	80	83	85	85
-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1	-1,1	-6,6
56,6	78,8	79,9	87,4	82,8	85	81,2	84	83,9	78,4



Le niveau sonore est donc de 92,9 dBA corrigé.

ANNEXE D

CALCUL DU NIVEAU ÉQUIVALENT DU RÈGLEMENT

Les articles 46 et 49 du Règlement sur à la qualité du milieu de travail stipulent que lorsqu'un travailleur est exposé à des bruits de niveaux différents, il faut évaluer l'effet combiné de ces différents niveaux en calculant le niveau de bruit équivalent.

A- BRUIT CONTINU

Dans un premier temps, on peut effectuer la somme des fractions suivantes pour savoir si la norme est dépassée.

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \cdots\cdots\cdots \frac{Cm}{Tm} \leqslant 1 \text{ (article 46)} \qquad \text{(A-1)}$$

où C indique la durée totale en nombre d'heures de l'exposition à un niveau donné, et T indique la durée totale en nombre d'heures de l'exposition permise à ce niveau, selon l'article 45.

Il est cependant intéressant dans la plupart des cas de connaître le niveau équivalent du bruit en dBA. Cette donnée permet de visualiser facilement la situation.

Voici donc la formule à utiliser pour trouver le niveau équivalent :

$$Leq = 16{,}61 \log 10 \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L}{16{,}61}} dt \qquad \text{(A-2)}$$

OU

Leq = niveau équivalent du bruit correspondant à la durée d'exposition T

L = niveau instantané du bruit en dBA

T = durée totale de l'exposition du travailleur exprimée en nombre d'heures.

On peut représenter cette intégrale de la façon suivante :

$$\text{Leq} : 16{,}61 \log \left[\frac{1}{T} \left(\text{tx}10^{\frac{L1}{16{,}61}} + \ldots + \text{tx}10^{\frac{Ln}{16{,}61}} \right) \right] \quad \text{(A-3)}$$

t = durée correspondant au niveau de bruit Ln exprimé en heures.

Exemple 1 :

Un travailleur est exposé au cours de ses huit heures de travail aux niveaux de bruit suivants :

Poste de travail n° 1 : L = 92 dBA, 2 heures
Poste de travail n° 2 : L = 85 dBA, 1 heure
Poste de travail n° 3 : L = 102 dBA, 2 heures
Poste de travail n° 4 : L = 89 dBA, 1 heure
TOTAL: 6 heures

Les niveaux sonores aux autres postes de travail sont inférieurs à 85 dBA.

En utilisant l'équation mentionnée précédemment : (A-3)

$$Leq = 16{,}61 \log_{10} \left[\frac{1}{8} \left\{ 10^{\frac{92}{16{,}61}} \times 2 + 10^{\frac{85}{16{,}61}} \times 1 + 10^{\frac{102}{16{,}61}} \times 2 + 10^{\frac{89}{16{,}61}} \times 1 \right\} \right]$$

$$Leq = 16{,}61 \log_{10} \left[\frac{1}{8} \left\{ 691{,}611 + 131{,}039 + 2766{,}362 + 228{,}149 \right\} \right]$$

$$Leq = 16{,}61 \log_{10} \left[\frac{1}{8} \left\{ 3{,}817{,}161 \right\} \right]$$

$$Leq = 16{,}61 \log_{10} [477{,}145] = 16{,}61 \times 5{,}679 = 94{,}3 \text{ dBA}$$

Lorsqu'on utilise le dosimètre, on obtient automatiquement le niveau sonore équivalent pour la période observée.

Pour comparer différents travailleurs après leur journée de travail, on peut ramener les niveaux équivalents sur une même période de référence à l'aide de la formule suivante :

$$Leq \text{ référence} = Leq + 16{,}61 \log_{10} \left[\frac{T_1}{T_2} \right]$$

OU Leq référence : niveau sonore équivalent trouvé correspondant à une période T_2.

Leq : niveau sonore équivalent trouvé correspondant à une période T_1.

Exemple :

Un dosimètre a été placé sur un travailleur pendant une période de 304 minutes. Le niveau de bruit équivalent enregistré au dosimètre est 94,3 dBA. Si le niveau de bruit aux autres postes de travail est inférieur à 85 dBA, on peut calculer le niveau équivalent pendant une période de référence de huit heures de la façon suivante :

$$\text{Leq 8 heures} = 94{,}3 + 16{,}61 \log_{10} \left[\frac{304 \text{ minutes}}{60 \text{ min./heure X } 8} \right]$$

Leq 8 heures = 94,3 - 3,3 = 91 dBA.

B- BRUIT D'IMPACT

Dans un premier temps, on peut effectuer la somme des fractions suivantes pour savoir si la norme est dépassée.

$$\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{Cm}{Nm} \leqslant 1 \quad \text{(article 49)}$$

OU

Cm indique le nombre total d'impacts à un niveau donné et Nm indique le nombre total d'impacts permis, selon l'article 48.

Il est cependant intéressant dans certains cas de connaître le niveau équivalent des bruits d'impact.

Voici donc la formule à utiliser pour trouver le niveau équivalent.

$$Leq = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} 10^{\frac{Ln}{10}} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \sum_{i=120}^{\infty} Ai \, 10^{\frac{i}{10}}$$

OU

Leq = niveau équivalent des bruits d'impact

Ln = niveau du n ième bruit d'impact

N = nombre total de bruits d'impact

i = niveau d'un ou de plusieurs bruits d'impact

Ai = nombre de bruits d'impact correspondant au niveau i.

Un travailleur est soumis aux bruits d'impact suivants :

	i	Ai
Poste de travail 1 :	130	800
2 :	140	30
3 :	123	880
TOTAL		1 710

Le niveau sonore équivalent est donc

$$Leq = 10 \log_{10}\left[\frac{1}{1710} \left\{ 800 \times 10^{\frac{130}{10}} + 30 \times 10^{\frac{140}{10}} + 880 \times 10^{\frac{123}{10}} \right\} \right]$$

$$Leq = 10 \log_{10}\left[\frac{1}{1710} \left\{ 800 \times 10^{13} + 30 \times 10^{14} + 880 \times 10^{12,3} \right\} \right]$$

$$= 10 \log_{10}\left[\frac{1}{1710} \left\{ 127,6 \times 10^{14} \right\} \right]$$

$$= 10 \log_{10}\left[74,62 \times 10^{11} \right]$$

Leq = 128,7 dB line valeur crête pour 1 710 impacts.

Pour savoir si la norme est dépassée, il faut faire la somme des énergies acoustiques (SEA) et s'assurer qu'elles n'excèdent pas 160.

$$SEA = leq + 10 \log_{10} N$$

$$= 128,7 + 10 \log_{10} 1710$$

$$= 161$$

Donc dans ce cas, la norme est dépassée.

ANNEXE E

MOYENS DE CONTROLE DU BRUIT

Le niveau de pression sonore émis par une machine fonctionnant dans un atelier peut parvenir jusqu'à un opérateur se trouvant à une certaine distance de plusieurs directions, comme le montre le schéma de la figure n° 1. La direction I correspond au bruit venant directement de la machine; la direction II correspond au bruit qui se réfléchit au plafond; les directions III correspondent au bruit reproduit par un mur et par le sol du bâtiment qui, à cause de la trépidation de la machine, se mettent à vibrer, en réémettant des ondes acoustiques comme le ferait la membrane d'un haut-parleur.

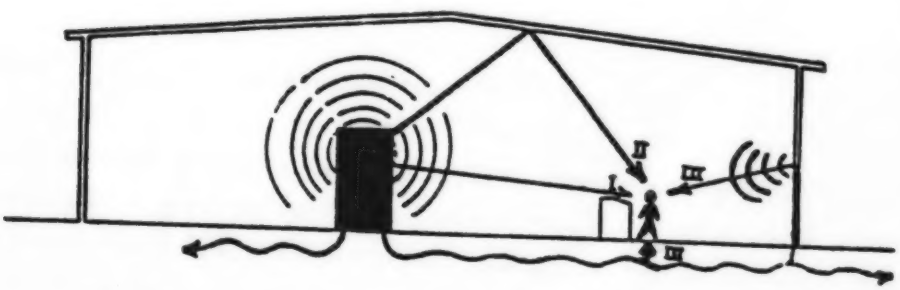


FIGURE 1 : Différents modes de propagation d'un bruit dans un atelier

La figure n° 2 présente différentes façons de réduire le niveau de bruit dans un atelier:

I. Encoffrement des sources bruyantes
II. Absorption interne

III. Réduction de la transmission du bruit par voie solide

IV. Isolation du personnel

V. Utilisation d'écrans

VI. Diminution de la réverbération des locaux.

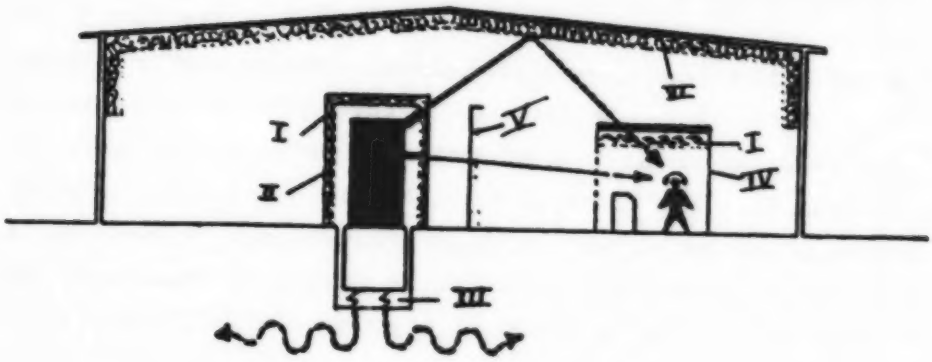


FIGURE 2 : Différentes solutions d'insonorisation

1.1 Protection individuelle

Chaque fois que le niveau d'exposition d'un travailleur est supérieur à la norme, la protection individuelle devient obligatoire dans l'immédiat, en attendant que d'autres mesures de protection soient appliquées.

1.2 Réduction du bruit à la source

Même si cette solution n'est pas toujours évidente, on devra néanmoins toujours la rechercher, car c'est la solution idéale qui n'impose pratiquement pas de contraintes au personnel. On y parviendra notamment en

- réduisant impact et accélération;

- réduisant les forces non balancées;
- utilisant un silencieux pour réduire le bruit provenant d'écoulement du gaz;
- réduisant les effets de résonnance. Utiliser des amortisseurs de vibrations pour réduire le bruit provenant de surfaces minces;
- réduisant la turbulence;
- réduisant la vitesse des moteurs;
- réduisant le nombre des pales;
- utilisant un engrenage en nylon;
- utilisant des méthodes moins bruyantes pour faire la même fonction ou en les alternant;
- utilisant un entraînement par courroie plutôt que par engrenage;
- remplaçant un roulement à bille défectueux par un neuf;
- désolidarisant la partie bruyante d'une machine de son bâti par une isolation antivibratile.

1.3 Réduction du bruit par encoffrement des sources bruyantes

Lorsque les impératifs d'accès à la machine et de son fonctionnement le permettent, les solutions d'encoffrement (I sur la figure n° 2) sont excellentes, à condition qu'un certain nombre de règles soient observées. Il est courant en effet qu'un encoffrement mal conçu ou mal réalisé amplifie le bruit.

Les principales règles sont les suivantes :

- Parois de masse surfacique suffisante. Cette masse sera d'autant plus importante que les fréquences à arrêter sont basses. Des matériaux divers peuvent être utilisés, à condition qu'ils soient suffisamment denses : maçonnerie pour les grands encoffrements, tôle d'acier épaisse recouverte de peintures amortissantes, aggloméré de bois, feuille de plomb et surtout matériaux composites : laine minérale entre deux ou plusieurs panneaux d'aggloméré de bois ou métalliques, sans "ponts phoniques" entre

eux.

- Découplage antivibratile de l'encoffrement par rapport à la machine : c'est le non-respect de ce principe qui ruine le plus souvent l'efficacité du dispositif d'encoffrement. En effet, la machine transmet des vibrations à l'encoffrement qui diffuse alors le bruit à la façon d'une membrane de haut-parleur. L'encoffrement pourra reposer soit directement sur le sol si la machine en est déjà découplée, soit sur une semelle élastique avec une fréquence de résonance nettement inférieure aux fréquences à éliminer. Si l'encoffrement ne peut être fixé que sur la machine, même si celle-ci est découplée du sol, il faudra isoler l'encoffrement de la machine par une suspension appropriée.

- Absorption interne. Le niveau de bruit émanant d'une source à l'intérieur d'une enceinte est d'autant plus élevé que l'enceinte est réverbérante. Toute diminution de ce niveau sonore, par l'apport de surfaces absorbantes constituées de matériaux poreux (II sur la figure n° 2), sera répercutée à l'extérieur. L'épaisseur du revêtement absorbant doit être d'autant plus importante que les fréquences à absorber sont basses.

- Bonne étanchéité. Les encoffrements ouverts sont peu efficaces. Si des passages de pièces, par exemple, doivent être maintenus, on aura recours à des portes escamotables. Si une ventilation est nécessaire, on lui adjoindra des silencieux d'arrivée et d'échappement d'air. D'une façon générale, toutes les ouvertures (fenêtres, portes) ainsi que le raccordement de l'encoffrement avec le sol seront pourvus de joints souples résistant bien aux huiles en particulier.

La figure n° 3 démontre l'influence des ouvertures sur l'indice d'affaiblissement de l'encoffrement. Voyons un exemple :

un encoffrement construit pour donner une atténuation de 34 décibels ne donne en réalité qu'une atténuation de 10 décibels parce qu'il comporte 10 % d'ouvertures

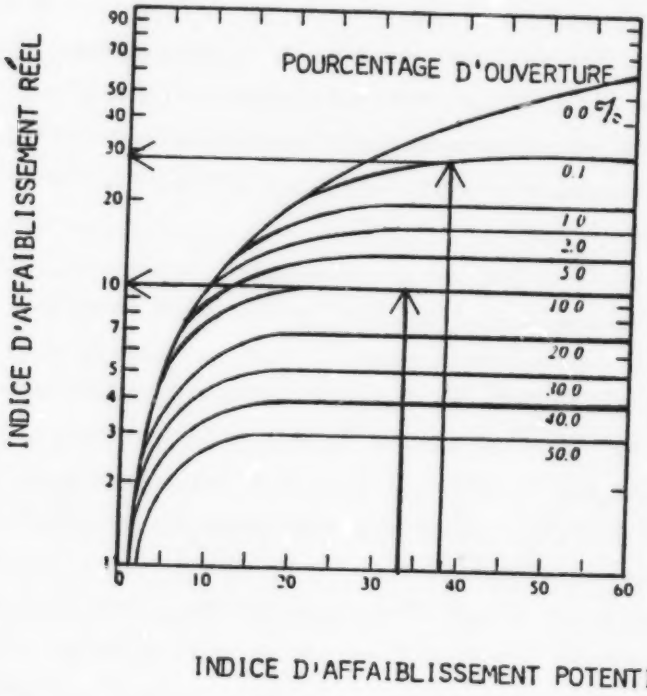


FIGURE 3 : Influence des ouvertures sur l'indice d'affaiblissement

1.4 Réduction de la transmission du bruit par voie solide

Même avec un excellent encoffrement, le bruit peut se propager sous forme de vibrations par voie solide, mettant en mouvement des structures qui à leur tour diffusent le bruit.

L'isolation antivibratile de certaines machines (III sur la figure n° 2), telles que les presses, est extrêmement complexe, et l'on doit avoir recours aux services d'un spécialiste pour la réaliser.

Néanmoins, dans certains cas, on peut obtenir des résultats appréciables, en posant la machine sur des éléments élastiques généralement amortis : ressorts, plots de caoutchouc, matelas élastique, possédant une fréquence de résonance nettement inférieure (5 fois ou 10 fois si possible) à la plus basse fréquence d'excitation. Toutes liaisons rigides avec la machine, les conduits d'air comprimé par exemple, sont remplacées par des liaisons souples, telles que des manchons en caoutchouc d'une cinquantaine de centimètres de long. Ces manchons antivibratiles seront toujours placés à l'intérieur de l'encoffrement.

1.5 Réduction du bruit par isolation du personnel

Quand l'isolation acoustique des machines par encoffrement intégral est impossible, on peut songer à isoler le personnel en cabine insonorisée (IV sur la figure n° 2). C'est le cas, par exemple, des salles de commande de bancs d'essais ou des postes de surveillance de chaînes automatiques. L'isolation acoustique vis-à-vis des sources de bruit extérieures et l'absorption interne sont, bien entendu, identiques à celles des encoffrements de machines. La cabine pourra être intégralement fermée, ce qui est préférable, mais il faudra veiller, dans ce cas, à assurer au personnel, outre les qualités acoustiques, une bonne ventilation, un bon éclairage et une bonne visibilité grâce à des parois largement vitrées. Le non-respect de l'une ou l'autre de ces recommandations se traduirait par l'ouverture permanente des portes et des fenêtres de la cabine et replacerait le personnel en ambiance sonore élevée. Enfin, dans certains cas, la cabine ne peut être que partiellement fermée. Elle entre, dans ce cas, dans la catégorie des écrans ci-après.

1.6 Réduction du bruit par utilisation d'écrans

Lorsque l'isolation des sources bruyantes ou du personnel est

impossible, la disposition d'écrans acoustiques (V sur la figure n° 2) entre la source bruyante et l'opérateur permettra, même si la puissance acoustique reste identique, de modifier la directivité de la source, et l'opérateur pourra ainsi se trouver dans une zone de silence relatif. Notons que l'écran acoustique doit être réalisé, comme les encoffrements, en matériaux de masse surfacique suffisante pour couper la transmission du bruit. Un revêtement absorbant du côté de l'opérateur permettra de limiter l'amplification du bruit dans la zone de silence. Les cabines ouvertes constituent des écrans efficaces. Bien entendu, leur efficacité dépend uniquement du champ sonore dans lequel elles se trouvent. A la limite, en champ diffus ou si les sources de bruit sont multiples, l'efficacité des écrans est nulle. En revanche, en champ libre ou en champ proche prépondérant, l'efficacité de l'écran peut être bonne, principalement si les fréquences sont aiguës. D'une façon générale, on ne songera à l'utilisation d'écrans acoustiques qu'après avoir étudié les caractéristiques acoustiques du local. Dans la majorité des cas, l'écran ne sera efficace que si le plafond du local est traité acoustiquement.

1.7 Réduction du bruit par la diminution de la réverbération des locaux

Les travaux consisteront toujours en un revêtement de matériaux acoustiques poreux, installé au plafond adjacent, sur une hauteur de 1 ou 2 mètres (VI sur la figure n° 2), ou encore sur un seul mur. Dans le cas où les sources bruyantes sont nombreuses, le traitement acoustique peut n'apporter aucune amélioration parce que la plupart des postes de travail sont situés dans le bruit direct.

Référence: La CSST a publié en 1983 un excellent document de référence sur les moyens de contrôle du bruit. L'ouvrage s'intitule La lutte contre le bruit - Un guide pour les travailleurs et les employeurs.